



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

ANNALES
DE
CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

SIXIÈME SÉRIE.

1890.

ANNALES
DE
CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

PAR
MM. BERTHELOT, PASTEUR, FRIEDEL,
BECQUEREL, MASCART.

6 ————— 19
SIXIÈME SÉRIE. — TOME XIX.
—————

PARIS,
G. MASSON, ÉDITEUR,
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE,
Boulevard Saint-Germain
(en face de l'École de Médecine).

—————
IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
Quai des Grands-Augustins, 55.

—————
1890
/

1966-

1° *Dosage du carbone et de l'hydrogène.*

Matière.....	gr 0,440
Acide carbonique.....	0,958
Eau.....	0,312

2° *Dosage du carbone butyrique.*

En opérant de la même manière que pour l'heptacétine précédemment décrite, on a trouvé, pour 0^{gr},505 de perséite heptabutyrique :

Sulfate de baryum.....	0 ^{gr} ,597
------------------------	----------------------

correspondant à

Carbone butyrique.....	0 ^{gr} ,246
------------------------	----------------------

L'échantillon qui a servi à cette analyse renfermait 1,2 pour 100 de chlore. Si l'on retranche du poids total de baryum resté dissous celui qui correspond à cette dose de chlore, on trouve seulement 0^{gr},2417 de carbone butyrique.

Une seconde analyse, effectuée sur un produit exempt de chlore et qui avait été chauffé pendant quelque temps dans le vide, à 300°, ce qui lui avait communiqué une teinte jaunâtre et une légère fluorescence verte, a donné, pour 0^{gr},462 de matière :

Sulfate de baryum.....	0 ^{gr} ,547
------------------------	----------------------

correspondant à

Carbone butyrique.....	0 ^{gr} ,2254
------------------------	-----------------------

Ces nombres conduisent aux résultats suivants :

	Trouvé.	Calculé.
Carbone total.....	59,38	59,83
Hydrogène.....	7,88	8,26
Carbone butyrique..	47,87 - 48,78	47,86

III. Matière.....	^{gr} 0,254 (2 ^e traitement)
Acide carbonique....	0,812
Eau.....	0,292

Ces nombres conduisent aux résultats suivants :

		Trouvé		Calculé.
		1 ^{er} traitement.	2 ^e traitement.	
Carbone.....	86,41	86,81	87,19	87,50
Hydrogène ...	12,87	12,72	12,77	12,50

2^o *Densité de vapeur par la méthode Meyer.*

- I. Matière..... ^{gr}0,154 (1^{er} traitement)
 Température..... 132° (alcool amylique)
 Air dégagé..... 35^{cc},05 à 19°,5 et 744^{mm},2 (corr.)
 D = 3,72.
- II. Matière..... ^{gr}0,1248 (1^{er} traitement)
 Température..... 160° (térébenthène)
 Air dégagé..... 29^{cc},8 à 19°,5 et 744^{mm},2
 D = 3,54.
- III. Matière..... ^{gr}0,127 (1^{er} traitement)
 Température..... 182° (aniline)
 Air dégagé..... 31^{cc},0 à 19°,5 et 744^{mm},2
 D = 3,47.
- IV. Matière..... ^{gr}0,207 (2^e traitement)
 Température..... 182° (aniline)
 Air dégagé..... 50^{cc},6 à 22°,0 et 740^{mm},9 (corr.)
 D = 3,48.
- V. Matière..... ^{gr}0,137 (2^e traitement)
 Température..... 213° (benzoate d'éthyle)
 Air dégagé..... 34^{cc},15 à 20°,0 et 736^{mm},1
 D = 3,44.
- VI. Matière..... ^{gr}0,154 (2^e traitement)
 Température..... 213° (benzoate d'éthyle)
 Hydrogène dégagé. 38^{cc},15 à 20°,0 et 736^{mm},1
 D = 3,46.

ACTION DES OXYDANTS.

Oxydation par le permanganate de potasse.

La cinchonamine s'oxyde bien à froid par le permanganate de potasse; elle diffère en ceci des hydrobases et notamment de l'hydrocinchonine dont elle est isomère.

L'oxydation est très régulière en employant les proportions de réactif indiquées par M. Skraup ⁽¹⁾ pour l'oxydation de la cinchonine : 5^{gr} de cinchonamine, tenus en dissolution dans 50^{cc} d'eau acidulée par 2^{gr}, 25 d'acide sulfurique, furent traités par 8^{gr} de permanganate de potasse dissous dans 160^{cc} d'eau. La solution oxydante fut ajoutée peu à peu, de manière à éviter toute élévation de température. On filtra ensuite pour éliminer l'hydrate de sesquioxyde de manganèse formé.

La liqueur filtrée fut soumise à la distillation; on constata alors qu'il passait avec la vapeur d'eau un acide volatil qui fut caractérisé comme acide formique par son action réductrice sur la solution de nitrate d'argent (dépôt noir d'argent divisé).

Le liquide de distillation neutralisé par le carbonate de baryte fournit, après filtration et évaporation, un sel de baryum soluble, qui cristallisa en longues aiguilles et qui fut analysé :

Sel de baryum séché à 100°.....	0 ^{gr} , 099
Carbonate de baryte.....	0 ^{gr} , 085

En centièmes :

	Trouvé.	Calculé pour Ba (CH O ²) ² .
Baryum.....	60,0	60,35

(¹) SKRAUP, *Justus Liebig's Ann. der Chem.*, juin 1879.

suffit d'une bonne lampe de Muencke à 5 becs, si l'on entoure convenablement le tube d'un manteau en carton d'asbeste.

Dans le Tableau suivant, nous résumons les résultats de toutes les déterminations que nous avons exécutées avec le chlorure d'aluminium, suivant le procédé Dulong. Les expériences marquées d'un astérisque sont tirées de notre précédente série d'expériences.

TABLEAU I.

EXPÉ- RIENCES.	CHLORURE pesé.	VOLUME de gaz chassé à 0° et 760 ^{mm} .	TEMPÉRA- TURE de l'expérience.	DENSITÉ trouvée. Air = 1.	OBSERVATIONS.
	gr	cc'	° C.		
1*	0,1102	11,04	440	7,80	Dans la vapeur du soufre et vase de verre. Vaporisa- tion lente.
2	0,0963	9,87	440	7,50	
3	0,0859	8,91	440	7,10	
4	0,1071	11,54	518	7,16	Dans la vapeur du sulfure phosphorique et vases de verre. Vaporisation nor- male.
5	0,1226	13,14	518	7,20	
6	0,0959	13,87	606	5,34	Dans la vapeur du chlorure stanneux et vase en verre. Vaporisation normale.
7*	0,0873	14,06	758	4,80	Dans le fourneau Perrot et vase de platine. Vaporisa- tion normale.
8*	0,0694	11,82	835	4,54	
9*	0,0650	11,03	943	4,56	
10*	0,0853	15,45	1117	4,27	
11*	0,0419	7,63	1244	4,25	
12*	0,0624	11,28	1260	4,28	Dans le fourneau Perrot et vases de porcelaine. Va- porisation normale.
13	0,0559	9,94	environ 1400	4,26	
14	0,0627	11,88	environ 1600	4,08	

nombre extraordinaire de l'Institut du Dr Geissler; Franz Müller, suc-
cesseur, à Bonn, sur le Rhin. (Voir le Catalogue de M. Müller, Bonn,
1885 et 1889.)

teur barométrique h et au degré d'humidité $\frac{2}{3}f$, est (1)

$$\delta = 0,001293 \frac{h - \frac{3}{8}f}{760} \frac{1}{1 + \alpha t}$$

et le poids de l'air déplacé, par conséquent, est égal à

$$\delta W.$$

De plus, si l'on désigne par

q_1 le poids apparent du chlorure et de l'acide carbonique;

q le poids réel des mêmes substances ;

r_1 le poids apparent de l'air ;

r le poids réel de l'air ;

ϵ le poids de l'acide carbonique ;

ξ le poids d'un volume équivalent d'air ;

s le poids spécifique des poids employés,

il en résulte

$$q = q_1 \left(1 - \frac{1}{s} \delta \right) + W \delta,$$

$$r = r_1 \left(1 - \frac{1}{s} \delta \right) + W \delta$$

et (2)

$$\sigma = \frac{q - \epsilon}{r - \xi}.$$

Voici les résultats :

(1) On aura des résultats identiques en choisissant la voie, plus embarrassante, qui consiste à calculer chaque pesée pour le vide et à en déduire la formule.

(2) Nous avons posé la valeur de $s = 2,57$, les quantités en poids étant déterminées par des poids d'aluminium.

par la relation

$$dz = ds \sin \beta$$

que fournit le triangle rectangle infiniment petit MQM'.

Donc

$$\frac{2z dz}{a^2} = \sin \beta d\beta$$

ou, par intégration,

$$\frac{z^2}{a^2} = -\cos \beta + C.$$

Au sommet de la goutte, pour

$$z = 0, \quad \cos \beta = 1;$$

donc $C = 1$, et l'équation est finalement

$$\frac{z^2}{a^2} = 1 - \cos \beta = 2 \sin^2 \frac{\beta}{2}$$

ou

$$(I) \quad z = + a \sqrt{2} \sin \frac{\beta}{2},$$

le signe $+$ nous donnant pour β entre 0 et π la portion de la courbe physiquement intéressante.

Calcul de x . — Le triangle MQM' donne

$$dx = dz \cot \beta$$

qui, avec

$$dz = a \sqrt{2} \cos \frac{\beta}{2} \frac{d\beta}{2}$$

tirée de (I), fournit

$$\frac{dx}{a \sqrt{2}} = \cot \beta \cos \frac{\beta}{2} \frac{d\beta}{2} = \frac{1 - 2 \sin^2 \frac{\beta}{2}}{2 \sin \frac{\beta}{2}} \frac{d\beta}{2} = \frac{1}{2} \frac{\frac{d\beta}{2}}{\sin \frac{\beta}{2}} - \sin \frac{\beta}{2} \frac{d\beta}{2}.$$

Par intégration, il vient

$$\frac{x}{a \sqrt{2}} = \frac{1}{2} l. \operatorname{tang} \frac{\beta}{4} + \cos \frac{\beta}{2} + C.$$

1° Mesure des épaisseurs qui doivent être $e = a\sqrt{2}$.

2° Mesure du poids d'une goutte de rayon équatorial R connu.

La goutte doit être, comme volume et poids, assimilable à un cylindre de hauteur e et de base πr^2 , en appelant r le rayon du cercle de raccordement; car l'aire de la sec-

Fig. 1.

$$\text{Demi-section méridienne d'une large goutte d'un liquide caléfié.....} \left\{ \begin{array}{l} z = e \sin \frac{\beta}{2}, \\ x = e \left(\cos \frac{\beta}{2} + \frac{1}{2} l. \tan \frac{\beta}{4} \right). \end{array} \right.$$

tion méridienne est (dans l'hypothèse $\omega = 0$) un rectangle ayant pour base ce rayon du cercle de raccordement et pour hauteur l'épaisseur e de la goutte supposée infiniment large.

En effet,

$$\text{aire OBPM} = \int_0^x z dx = \int_0^x z dz \cot \beta$$

(voir triangle MQM') ou

$$\frac{1}{2} \int_0^x dz^2 \cot \beta.$$

Mais

$$dz^2 = a^2 \sin \beta \, d\beta;$$

donc

$$\text{aire OBPM} = \frac{1}{2} \int a^2 \cos \beta \, d\beta = \frac{a^2}{2} \sin \beta.$$

Ainsi

$$\text{aire U} + \text{V} = \left(\frac{a^2}{2} \sin \beta \right)_0^{\frac{\pi}{2}} = \frac{a^2}{2}$$

(résultat utilisé par Wertheim) et

$$\text{aire V} + \text{W} = \left(\frac{a^2}{2} \sin \beta \right)_{\frac{\pi}{2}}^{\pi} = -\frac{a^2}{2}.$$

Ces deux aires étant équivalentes, on a bien $U = W$.
Le poids de la goutte est donc $\pi r^2 e d$.

Or

$$R - r = \varepsilon = x_{90} = e \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{2} l \cdot \text{tang } 22^\circ, 5 \right) = 0,2665 e.$$

On a finalement

$$(IV) \quad p = \pi e d (R - 0,2665 e)^2.$$

3° Superposition de la photographie des gouttes à la courbe théorique.

Il y avait lieu de réaliser un tracé graphique exact de cette courbe, à une échelle donnée, pour le comparer aux photographies convenablement agrandies, suivant la nature du liquide.

De là les déterminations suivantes :

Construction de la courbe par points. — Soit un point M de la courbe; traçons l'arc de cercle de centre M et de rayon $MK = e$.

L'équation (I)

$$z = e \sin \frac{\beta}{2}$$

nous montre que l'angle

$$\text{MKP} = \frac{\beta}{2}.$$

L'équation (II)

$$x = e \cos \frac{\beta}{2} + \frac{e}{2} l \cdot \text{tang} \frac{\beta}{4}$$

nous donne

$$\text{OP} = \text{KP} + \frac{e}{2} l \cdot \text{tang} \frac{\beta}{4} \quad \text{ou} \quad \text{OK} = - \frac{e}{2} l \cdot \text{tang} \frac{\beta}{4} \quad (1).$$

Le calcul numérique de OK est rapide :

$$\text{OK} = \frac{e}{2} 2,3025851 \log \text{tang} \frac{\beta}{4}.$$

De chaque point K_β on tracera un arc de cercle de rayon e , et sur ce cercle, à partir de Ox , on prendra l'arc d'angle $\frac{\beta}{2}$, ce qui fournira le point M_β .

Construction de la tangente. — Pour la précision du tracé de ce graphique, si, du milieu I de KM, on élève à cette droite la normale IN, la droite NM d'inclinaison β est la tangente au point M.

LIMITE MINIMA DE LARGEUR A DONNER AUX GOUTTES.

Ici se présente une question importante à discuter au point de vue des expériences. Quelle est la limite minima de largeur à donner aux gouttes? c'est-à-dire : 1° à partir de quel diamètre pourra-t-on faire $\frac{1}{R'} = 0$? 2° à partir de quel diamètre, d'autre part, la goutte devient-elle plate au

(1) OK représente, d'autre part, la longueur de l'arc AM comptée à partir du point de raccordement.

sures dont il s'agit de discuter la possibilité,

$$\frac{2f}{d} = \frac{K^2}{2} : \left(1 + \frac{2K}{\sqrt{2}} C\right)$$

[si l'on a dans la caléfaction, par suite de la nullité de l'angle de raccordement, $K = \sqrt{2} (K - k)$] ou enfin

$$(VIII) \quad K^2 = \frac{4f}{d} (1 + CK \sqrt{2}),$$

formule dans laquelle on substituera à $\frac{f}{d}$ et à K , dans le second membre, les valeurs fournies par les expériences des tubes capillaires.

Pour l'eau, par exemple, à 100°, d'après MM. Wolf et Brunner, K serait 4^{mm},97 et 4^{mm},99 : soit 5^{mm}.

Voici le Tableau des résultats de ce calcul :

Épaisseurs des gouttes circulaires de rayon fini.

Rayon des gouttes.	Valeurs de C.	Valeurs numériques du terme de correction CK pour l'eau à 100°.	Valeurs de K pour l'eau à 100°.
$\frac{R}{K} = 1$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{3,282} - \frac{1}{2,26} \right)$	—0,138 ^{mm}	Valeurs pour lesquelles la correction elle-même est insuffisante.
$\frac{R}{K} = 1,40$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{4,594} - \frac{1}{4,251} \right)$	—0,018	
$\frac{R}{K} = 1,45$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{4,758} - \frac{1}{4,617} \right)$	—0,006	
$\frac{R}{K} = 1,48$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{4,857} - \frac{1}{4,850} \right)$	0	
$\frac{R}{K} = 1,50$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{4,92} - \frac{1}{5,01} \right)$	+0,003	
$\frac{R}{K} = 1,6$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{5,251} - \frac{1}{5,932} \right)$	+0,022	5,07 ^{mm}

Épaisseurs des gouttes circulaires de rayon fini (suite).

Rayon des gouttes.	Valeurs de C.	Valeurs numériques du terme de correction CK pour l'eau à 100°.	Valeurs de K pour l'eau à 100°.
$\frac{R}{K} = 1,7$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{5,579} - \frac{1}{7,029} \right)$	$+0,037^{\text{mm}}$	$5,13^{\text{mm}}$
$\frac{R}{K} = 1,8$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{5,907} - \frac{1}{8,343} \right)$	$+0,050$	$5,17$
$\frac{R}{K} = 1,9$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{6,235} - \frac{1}{9,918} \right)$	$+0,060$	$5,20$
$\frac{R}{K} = 2$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{6,564} - \frac{1}{12,80} \right)$	$+0,074$	$5,25$
$\frac{R}{K} = 2,5$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{8,20} - \frac{1}{28,71} \right)$	$+0,087$	$5,298$
$\frac{R}{K} = 2,8$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{9,18} - \frac{1}{49,42} \right)$	$+0,088$	$5,302$
$\frac{R}{K} = 2,9$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{9,51} - \frac{1}{59,32} \right)$	$+0,089$	$\bullet 5,305$
$\frac{R}{K} = 3$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{9,84} - \frac{1}{71,24} \right)$	$+0,088$	$5,302$
$\frac{R}{K} = 3,1$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{10,17} - \frac{1}{85,61} \right)$	$+0,087$	$5,298$
$\frac{R}{K} = 3,2$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{10,50} - \frac{1}{102,88} \right)$	$+0,085$	$5,29$
$\frac{R}{K} = 3,5$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{11,48} - \frac{1}{179,3} \right)$	$+0,082$	$5,282$
$\frac{R}{K} = 4$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{13,12} - \frac{1}{456} \right)$	$+0,076$	$5,261$
$\frac{R}{K} = 8$	$\frac{1}{K} \left(\frac{1}{26,25} - \varepsilon \right)$	$+0,038$	$5,13$
$\frac{R}{K} = 10$	$\frac{1}{K} \frac{1}{32,82}$	$+0,030$	$5,105$
$\frac{R}{K} = 12$	$\frac{1}{K} \frac{1}{40}$	$+0,025$	$5,08$

En supposant *a priori* que les conditions exigées par

goutte, comptée suivant Oz, est à peu près égale à la distance de l'équateur au sommet, 3,52, ainsi que cela doit avoir lieu, puisque, pour

$$z = a(\sqrt{2} - 1),$$

on a

$$\frac{\beta}{2} = 17^{\circ} 1' 10'',$$

qui vérifie l'équation

$$x = 0 = e \left(\cos \frac{\beta}{2} + \frac{1}{2} l. \operatorname{tang} \frac{\beta}{4} \right).$$

4° Enfin, on peut vérifier graphiquement sur le cliché que la distance de l'équateur au haut de la goutte est bien à l'épaisseur totale dans le rapport du côté d'un carré à sa diagonale.

Parmi ces mesures, la seule importante, d'ailleurs, au point de vue de l'angle de raccordement, est évidemment la mesure de $R - r$, qui doit être $x_{90} = 1,33$; car, au sommet de cet angle, contrairement à ce qui arrive pour z , x varie beaucoup pour une petite variation de β .

En effet :

1° De (I), on tire

$$dz = e \cos \frac{\beta}{2} \frac{d\beta}{2}.$$

Un angle $\beta = 160^{\circ}$ serait à peu près la limite que l'on pourrait ici nier avec certitude; elle donnerait pour l'eau à 100° une épaisseur de $4^{\text{mm}}, 89$.

Du reste, la variation d'épaisseur par degré au voisinage de la plaque serait

$$\frac{dz}{d\beta} = \frac{\pi}{180} \frac{1}{2} e \sin 10^{\circ},$$

d'où

$$\log dz = \bar{3},0768750, \text{ pour } d\beta = 1^{\circ},$$

soit

$$dz = 0^{\text{mm}},0075$$

Si donc ce cas n'est pas pratique pour les applications, pour les mesures des tensions superficielles inconnues, il est au contraire intéressant à étudier au point de vue théorique : il peut nous démontrer plus exactement que tout autre, par la concordance des mesures et des nombres calculés, la possibilité d'appliquer avec précision le phénomène de caléfaction aux recherches de capillarité.

Voici le Tableau de ces hauteurs calculées et mesurées :

Gouttes circulaires de petit diamètre.

Numéros des gouttes.	Mesure en millimètres de 20 divisions du micromètre.		Mesures sur le cliché en millimètres.	
			Diamètres.	Épaisseurs.
	mm		mm	mm
(I).....	20,18		17,10	5,06
(II).....	19,90		17,34	5,08
(III).....	20,66		18,24	5,30
(IV).....	20		18,84	5,17
(V).....	21,92		20,92	5,69
(VI).....	21,12		20,68	5,58
(VII).....	22,08		21,80	5,80
(VIII).....	20,06		23,14	5,26

Numéros des gouttes.	Mesures du cliché en divisions du micromètre ou de la goutte en millimètres.		Nombres théoriques (Tableau de correction, p. 193 et 194).	
	Diamètres.	Épaisseurs.	Épaisseurs.	Diamètres.
	mm	mm	mm	mm
(I).....	17,06	5,04	5,13	17
(II).....	17,42	5,11		
(III).....	17,65	5,13		
(IV).....	18,84	5,17	5,17	18
(V).....	19,08	5,19	5,20	19
(VI).....	19,58	5,18		
(VII).....	19,74	5,25	5,25	20
(VIII).....	23,14	5,27	5,27	23

transverse bien trop peu large et avec une épaisseur par conséquent trop petite, ou bien elles se déformaient complètement avec un contour apparent horizontal très irrégulier. Je n'ai donc gardé pour les mesures que les clichés de gouttes pareilles à celles que fournit la caléfaction par elle-même. Je citerai quatre exemples de ces gouttes, dont voici les mesures, faites toujours au cathétomètre sur les clichés disposés bien verticalement :

Dimensions des gouttes elliptiques.

	Numéros des gouttes.	Mesures en millimètres de 20 divisions du micromètre.	Mesures en millimètres sur le cliché.			Mesures du cliché en divisions du micromètre ou de la goutte en millim.		
			Diamètres		Épaisseur.	Diamètres		Épaisseur.
			grand.	petit.		grand.	petit.	
9.	{ IX.	Section longitudinale.	22			35,58	»	5,01
	{ IX'.	Section transversale..	22,08	21,06	{ 5,52 5,49	»	19,07	4,97
10.	{ X.	Section longitudinale.	22,46	»		24,31	»	5,02
	{ X'.	Section transversale..	22,45	20,90	{ 5,64 5,62	»	18,61	5,00
11.	{ XI.	Section longitudinale.	20	»	»	26,57	»	4,98
	{ XI'.	Section transversale..	20	»	»	»	18,58	4,95
12.	{ XII.	Section longitudinale.	20	»	»	25,80	»	4,96
	{ XII'.	Section transversale..	20	»	»	»	19,54	4,94

La colonne intitulée *Différences* donne les différences des épaisseurs mesurées et de l'épaisseur $4^{\text{mm}},994$, calculée d'après M. Mendeleef, résultat dont elles se rapprochent un peu plus que de celui qu'on déduit de la formule de M. Wolf. Le plus grand écart est, on le voit, de $0^{\text{mm}},034$ par défaut.

Les deux valeurs calculées de l'erreur probable étant presque identiques, on voit que les nombres trouvés satisfont à la loi de fréquence des erreurs accidentelles.

Les quatre dernières expériences ont, du reste, été faites par des observateurs différents, ainsi qu'un certain nombre de celles qui seront données par la suite.

Dans l'expérience n° 7, la position de l'équateur, figurée par l'image virtuelle d'une flamme, était $663,22$; d'où, pour a , la valeur $3^{\text{mm}},56$. Or $\frac{5^{\text{mm}}}{\sqrt{2}} = 3^{\text{mm}},54$.

Éther acétique.

Les épaisseurs des sphéroïdes doivent être, d'après M. Mendeleef,

$$e_0 = 3^{\text{mm}},3717, \quad e_{74} = 3^{\text{mm}},003.$$

J'ai obtenu les résultats suivants :

N° d'ordre.	Sommet de la goutte. mm	Base de la goutte. mm	Épaisseurs. mm	Différences. mm	Carré des différences
1...	664,70	— 661,70	= 3	— 0,003	0,001
2...	664,72	— 661,74	= 2,98	— 0,023	0,005
3...	664,82	— 661,78	= 3,04	+ 0,037	0,001
4...	664,90	— 661,82	= 3,08	+ 0,077	0,006
5...	664,84	— 661,84	= 3	— 0,003	0,001
6...	665,24	— 662,20	= 3,04	+ 0,037	0,001
7...	665,13	— 662,07	= 3,06	+ 0,057	0,003
8...	665,06	— 662,04	= 3,02	+ 0,017	0,000
9...	665,06	— 662,06	= 3	— 0,003	0,001
10...	665,08	— 662,07	= 3,01	+ 0,007	0,000
		Somme...	30,23	$\Sigma e^+ = 0,232$	$\Sigma e^2 = 0,011$
		Moyenne.	3,023	$\Sigma e^- = 0,032$	

d'où l'on conclut

$$EM^+ = 0^{mm},038,$$

$$EM^- = 0^{mm},008:$$

$$EMC = \sqrt{\frac{\Sigma e^2}{10}} = 0,036;$$

$$EP = 0,024 \text{ déduite de EMC};$$

$$\text{Module de convergence} = 0,050 \text{ déduit de EMC}.$$

Ces erreurs ne satisfont pas absolument à la loi de fréquence des erreurs accidentelles; mais le résultat le plus probable ne diffère que de $0^{mm},02$ du nombre de M. Mendeleef, soit de $\frac{1}{150}$ de la grandeur à mesurer.

Alcool amylique.

Les épaisseurs des sphéroïdes doivent être, d'après M. Mendeleef,

$$e_{15} = 3^{mm},465 \quad \text{et} \quad e_{131} = 3^{mm},033.$$

Voici le Tableau des mesures effectuées :

N ^o ordre.	Sommet de la goutte.	Base de la goutte:	Épaisseurs.	Différences.	Carrés des différences.
	mm	mm	mm	mm	
1...	664,88	— 661,90	= 2,98	— 0,05	0,0025
2...	665	— 661,90	= 3,10	+ 0,07	0,0049
3...	664,92	— 661,96	= 2,98	— 0,05	0,0025
4...	664,96	— 661,96	= 3	— 0,03	0,0009
5...	664,90	— 661,87	= 3,03	0	0
6...	664,92	— 661,88	= 3,04	+ 0,01	0,0001
7...	664,96	— 661,98	= 2,98	— 0,05	0,0025
8...	665,12	— 662,08	= 3,04	+ 0,01	0,0001
9...	665,16	— 662,12	= 3,04	+ 0,01	0,0001
10...	665,20	— 662,16	= 3,04	+ 0,01	0,0001
		Somme...	30,23	$\Sigma e^+ = 0,11$	$\Sigma e^2 = 0,0137$
		Moyenne .	3,023	$\Sigma e^- = 0,18$	

d'où l'on conclut

$$EM^+ = 0^{\text{mm}},020,$$

$$EM^- = 0^{\text{mm}},045;$$

$$EMC = \sqrt{\frac{\sum e^2}{10}} = 0,037;$$

$$EP = 0,025 \text{ déduite de EMC};$$

$$\text{Module de convergence} = 0,050.$$

La moyenne ne diffère d'ailleurs que de $0^{\text{mm}},01$ du nombre de M. Mendeleef, soit de $\frac{1}{300}$ de la grandeur à mesurer.

Alcool méthylique.

Les épaisseurs des sphéroïdes doivent être, d'après M. Mendeleef,

$$e_{68} = 3^{\text{mm}},205.$$

Voici le Tableau des mesures :

N ^o d'ordre.	Sommet de la goutte.	Base de la goutte.	Épaisseurs.	Différences à la moyenne.	Carr des différences.
	mm	mm	mm	mm	
1...	701,40	— 698,16	= 3,24	+ 0,025	0,00
2...	701,46	— 698,28	= 3,18	— 0,035	0,00
3...	701,50	— 698,29	= 3,21	— 0,005	0,00
4...	701,60	— 698,37	= 3,23	+ 0,015	0,00
5...	701,60	— 698,36	= 3,24	+ 0,025	0,00
6...	701,56	— 698,34	= 3,22	+ 0,005	0,00
7...	701,58	— 698,38	= 3,20	— 0,015	0,00
8...	701,52	— 698,34	= 3,18	— 0,035	0,00
9...	701,58	— 698,35	= 3,23	+ 0,015	0,00
10...	701,57	— 698,35	= 3,22	+ 0,005	0,00
			Somme...	32,15	$\sum e^+ = 0,090$
			Moyenne.	3,215	$\sum e^- = -0,090$
					$\sum e^2 = 0,00$

d'où l'on déduit

$$EM = 0^{\text{mm}}, 018,$$

$$EMC = 0^{\text{mm}}, 021;$$

$$EP \text{ tiré de } EM = 0,015,$$

$$EP \text{ tiré de } EMC = 0,014;$$

$$\text{Module de convergence} = 0,029.$$

La moyenne diffère de $0^{\text{mm}}, 01$ du nombre de M. Mendeleef, soit de $\frac{1}{300}$ de la grandeur à mesurer, et d'une quantité plus petite que l'erreur probable.

Alcool éthylique absolu.

Les épaisseurs des sphéroïdes doivent être, d'après M. Mendeleef,

$$e_{78} = 3^{\text{mm}}, 20.$$

Voici le Tableau des mesures :

N ^{os} d'ordre.	Sommet de la goutte.	Base de la goutte.	Épaisseurs.	Différences.	Carrés des différences.
	mm	mm	mm	mm	
1...	701,48	— 698,28	= 3,20	0	0
2...	701,46	— 698,25	= 3,21	+ 0,01	0,0001
3...	701,50	— 698,30	= 3,20	0	0
4...	701,48	— 698,29	= 3,19	— 0,01	0,0001
5...	701,47	— 698,30	= 3,17	— 0,03	0,0009
6...	701,48	— 698,28	= 3,20	0	0
7...	701,50	— 698,28	= 3,22	+ 0,02	0,0004
8...	701,56	— 698,33	= 3,23	+ 0,03	0,0009
9...	701,54	— 698,34	= 3,20	0	0
10...	701,50	— 698,28	= 3,22	+ 0,02	0,0004
			<hr/>	<hr/>	<hr/>
		Somme...	32,04	$\Sigma e^+ = 0,08$	$\Sigma e^2 = 0,0028$
		Moyenne.	3,20	$\Sigma e^- = 0,04$	

d'où l'on conclut

$$EM^+ = 0,02,$$

$$EM^- = 0,02;$$

$$EMC = 0,017;$$

$$EP \text{ déduit de } EM = 0,016,$$

$$EP \text{ déduit de } EMC = 0,013;$$

$$\text{Module de convergence déduit de } EMC = 0,0272.$$

Ici la moyenne est exactement le nombre de M. Mendeleef, et ces expériences, ayant été faites en dernier lieu, avec une plus grande habitude des mesures, présentent un plus faible module de convergence.

Éther ordinaire anhydre.

Les épaisseurs des sphéroïdes doivent être, d'après M. Mendeleef,

$$e_{35} = 2^{\text{mm}},956.$$

J'ai obtenu les résultats suivants :

N ^{os} d'ordre.	Sommet de la goutte.	Base de la goutte.	Épaisseurs.	Différences à la moyenne.	Carrés des différences.
	mm	mm	mm	mm	
1...	702,26	— 699,32	= 2,94	— 0,01	0,0001
2...	702,36	— 699,40	= 2,96	+ 0,01	0,0001
3...	702,33	— 699,34	= 2,99	+ 0,04	0,0016
4...	702,36	— 699,40	= 2,96	+ 0,01	0,0001
5...	702,34	— 699,40	= 2,94	— 0,01	0,0001
6...	702,29	— 699,36	= 2,93	— 0,02	0,0004
7...	702,22	— 699,26	= 2,96	+ 0,01	0,0001
8...	702,26	— 699,33	= 2,93	— 0,02	0,0004
9...	702,34	— 699,38	= 2,96	+ 0,01	0,0001
10...	702,30	— 699,36	= 2,94	— 0,01	0,0001
		Somme...	29,51	$\Sigma e^+ = 0,08$	$\Sigma e^2 = 0,0031$
		Moyenne.	2,95	$\Sigma e^- = 0,07$	

EAU.

On faisait avant chaque expérience la tare de la capsule augmentée de 5^{gr}.

Nombre calculé.

$$\begin{aligned} d_{100} &= 0,95877, & e_{100} &= 4^{\text{mm}},994; \\ R &= 18^{\text{mm}},5, & \varepsilon &= 0,2665e = 1^{\text{mm}},3325, \\ p &= 4^{\text{gr}},439, \end{aligned}$$

tandis qu'avec les données relatives à l'eau à 0° on aurait $p = 4^{\text{gr}},836$.

Première série.

Expériences.

Différences.

	^{gr}	^{gr}	^{gr}	^{gr}
1 ^{re}	5	— 0,725	= 4,275	— 0,164
2 ^e	5	— 0,715	= 4,285	— 0,154
3 ^e	5	— 0,52	= 4,48	+ 0,041
4 ^e	5	— 0,70	= 4,30	— 0,139
5 ^e	5	— 0,73	= 4,27	— 0,169
6 ^e	5	— 0,71	= 4,29	— 0,149
7 ^e	5	— 0,53	= 4,47	+ 0,031
8 ^e	5	— 0,60	= 4,40	— 0,039
9 ^e	5	— 0,48	= 4,52	+ 0,081
10 ^e	5	— 0,42	= 4,58	+ 0,141
Moyenne			4,386	— 0,053

Le plus grand écart, qui est par défaut, est de 0^{gr},169, soit 0,038 de la quantité à mesurer, et l'écart de la moyenne avec le nombre théorique est 0^{gr},053, soit 0,011 de la même quantité.

Ces différences tiennent uniquement à la difficulté que présente le remplissage exact et non exagéré de la capsule; d'où une erreur dont on connaît toujours le sens, du reste, au moment même où on la commet. Ces écarts ne sont pourtant pas plus grands que ceux que fournirait

	Poids mesurés.	Erreurs à la moyenne.	Carrés des différences.
7.....	5 ^{gr} ,28	— 0,23	0,0529
8.....	5,63	+ 0,12	0,0144
9.....	5,53	+ 0,02	0,0004
10.....	5,45	— 0,06	0,0036
11.....	5,63	+ 0,12	0,0144
12.....	5,52	+ 0,01	0,0001
13.....	5,62	+ 0,11	0,0121
14.....	5,41	— 0,10	0,0100
15.....	5,46	— 0,05	0,0025
16.....	5,53	+ 0,02	0,0004
17.....	5,53	+ 0,02	0,0004
18.....	5,36	— 0,15	0,0225
19.....	5,39	— 0,12	0,0144
20.....	5,62	+ 0,11	0,0121
21.....	5,40	— 0,11	0,0121
22.....	5,55	+ 0,04	0,0016
23.....	5,35	— 0,16	0,0256
24.....	5,61	+ 0,10	0,0100
25.....	5,57	+ 0,06	0,0036
26.....	5,58	+ 0,07	0,0049
27.....	5,60	+ 0,09	0,0081
28.....	5,51	0	0
29.....	5,41	— 0,10	0,0100
30.....	5,46	— 0,05	0,0025
Somme ...	165,23	$\Sigma e^+ = 1,44$ $\Sigma e^- = 1,71$	0,5053

Moyenne 5^{gr},507Soit..... 5^{gr},51

EMC = 0,13, EP = 0,086.

Module de convergence = 0,180.

Il est six fois plus grand que pour les mesures d'épaisseur.

La précision devient encore bien moindre avec les liquides volatils ou inflammables.

Cette méthode ne peut donc servir ni à prouver rigou-

Soit $\beta_1 = \beta^{32}$:

$$\begin{aligned}\log F_{32} = A &= a - b\beta_1 = \log 35,359 = 1,548, \\ \log F_{64} = B &= a - b\beta_1^2 = \log 187 = 2,2718416, \\ \log F_{96} = C &= a - b\beta_1^3 = \log 745 = 2,8721563.\end{aligned}$$

1° Calcul de β_1 :

$$\frac{C-B}{B-A} = \beta_1, \quad \log \beta_1 = 1,9190355, \quad \beta_1 = 0,8299186;$$

2° Calcul de b :

$$\frac{B-A}{\beta_1(1-\beta_1)} = b, \quad \log b = 0,7096512, \quad b = 5,124496;$$

3° Calcul de a :

$$A + b\beta_1 = a, \quad a = 5,801415;$$

4° Calcul de β :

$$\frac{1}{32} \log \beta_1 = \log \beta = 1,9974698, \quad \beta = 0,9941909.$$

D'où la courbe à essayer

$$(IX) \quad \log F_t = 5,801415 - 5,124496 \times 0,9941909^t.$$

J'ai calculé à l'aide de cette formule toutes les pressions de 5° en 5°. Les résultats sont réunis dans la quatrième colonne du Tableau suivant et comparés, d'une part, aux pressions de caléfaction mesurées et, d'autre part, aux pressions d'ébullition d'après Regnault.

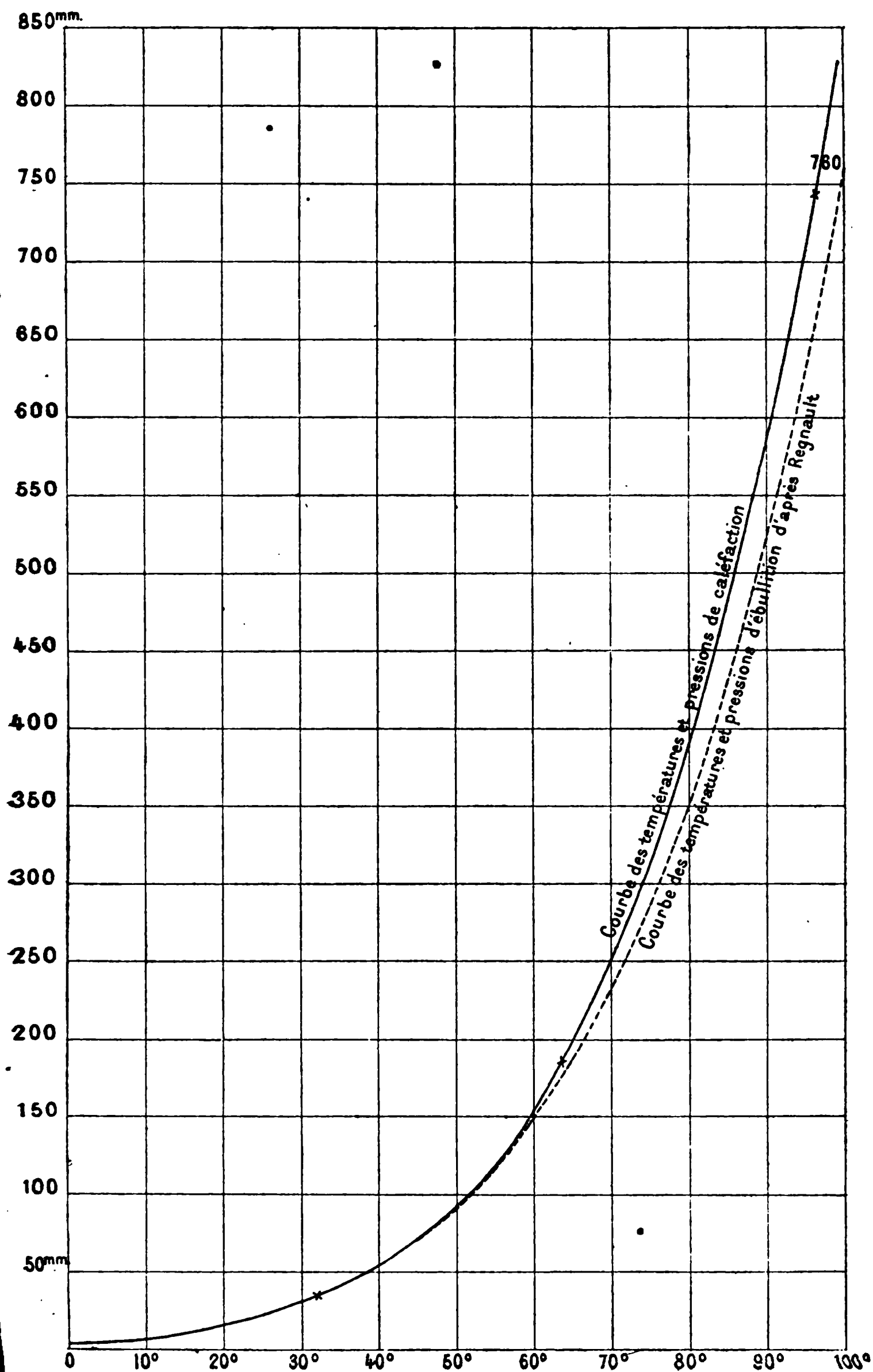
Ils sont représentés dans le graphique ci-après, au-dessus de la courbe des tensions de vapeur de Regnault.

Sur ce graphique (*fig. 4*) (dont les ordonnées, pressions évaluées en colonne de mercure, sont réduites au cinquième de leur valeur exacte pour raison typographique), je n'ai pu réussir à figurer les points représentatifs des expériences, qui s'écartent du tracé d'une façon trop peu appréciable.

Tableau comparatif des pressions de caléfaction calculées et mesurées et des pressions d'ébullition (d'après Regnault) à une même température.

Tempéra- tures.	Pressions de caléfaction mesurées.	Diffé- rences.	Pressions de caléfaction calculées.	Diffé- rences.	Pressions d'ébullition d'après Regnault.
	mm	mm	mm	mm	mm
0 0 glace	4	+ 0,75	4,75	+ 0,15	4,6
2.....	5	+ 0,30	(5,30)		5,30
2,5...	5	+ 0,49	(5,49)		5,49
5.....	»	»	6,669	+ 0,133	6,534
6,5...	7	+ 0,24	(7,24)		7,24
7,5...	8	— 0,129	7,871	+ 0,12	7,75
7,5...	8	— 0,12	id.	id.	id.
7,5...	8,4	— 0,42	id.	id.	id.
10.....	»	»	9,484	+ 0,319	9,165
13.....	11,2	+ 0,04	11,24	+ 0,08	11,16
14.....	12	— 0,1	(11,90)		11,90
15.....	12,5	+ 0,259	12,759	+ 0,069	12,69
17,5...	15	— 0,09	14,91	+ 0,05	14,88
20.....	»	»	17,394	+ 0,003	17,391
22,5...	19,5	+ 0,75	20,25	+ 0,04	20,21
22,5...	20	+ 0,25	id.	id.	id.
25.....	»	»	23,531	— 0,019	23,550
26,5...	24,5	+ 1,2	(25,7)		25,74
27.....	25	+ 1,138	(26,138)		26,50
29,5...	30,5	+ 0,16	(30,66)		30,66
30.....	29,3	+ 2,229	31,529	0	31,54
30.....	30	+ 1,529	31,529	0	31,54
31.....	32,8	+ 0,4	(33,4)		33,40
32.....	35	+ 0,35	35,35	0	35,35
34.....	39	+ 0,62	39,62		39,56
35.....	»	»	41,92	+ 0,10	41,827
37,5...	47,3	+ 0,873	48,173	+ 0,173	48
39,10..	54,6	— 2,3	(52,3)		52,3
39,25..	51,3	+ 1,51	(52,81)		52,81
40.....	»	»	55,246	+ 0,340	54,906
43.....	64,2	+ 0,77	64,97	+ 0,63	64,34
43,5...	64	+ 3	(67)		66,06
43,5...	68,6	— 1,6	id.		id.
45.....	»	»	72,263	+ 0,852	71,391
45,80..	72,8	+ 2,2	(75)		74,3

Fig. 4.



Liquides.	Points d'ébullition.	Constantes capillaires		Tensions superficielles			
		à basse température					
		a_0^2	ou	a_{15}^2	f_0	ou	f_{15}
Eau.....	100 ⁰	15,332 (1)	»		7,758 (6)		»
Alcool méthylique ...	66,3	6,016 (2)	»		2,426		»
Alcool éthylique.....	78	»		5,944 (1)	»		2,365
Alcool propylique....	98	»		» (3)	»		2,40
Alcool butylique.....	109	»		»	»		2,40
Alcool amylique.....	131	»		6,006 (2)	»		2,445
Éther méthylacétique	59,5	5,47 (4)	»		2,582		»
Éther éthylformique.	52	5,60 (4)	»		2,632		»
Éther éthylacétique..	74	5,684 (4)	»		2,552		»
Éther éthylbutyrique.	119	5,727 (4)	»		2,547		»
Éther éthyliodhydr...	70	»		3,014 (2)	2,909		»
Éther ordinaire.....	35	»		4,954 (2)	»		1,796
Acide acétique.....	120	5,576 (4)	»		2,957		»
Acide valérianique ...	176	»		{ 5,655 (2) } { 5,739 (5) }	»		2,702

(1) Brunner.
(2) Mendeleef.
(3) Wilhelmy.
(4) Bède.
(5) Rodenbeck.
(6) Wolf.

récapitulatif.

Épaisseurs mesurées.	Constantes capillaires	Tensions superficielles	Coefficients de décroissement moyen
	au voisinage du point d'ébullition		
	a_t^2 .	f_t .	$\frac{f_t - f_i}{\tau - t}$.
^{mm} 4,99	12,47	5,93	$\frac{1,82}{100} = 0,018$
3,215	5,15	1,963	$\frac{0,46}{51} = 0,009$
3,204	5,12	1,908	$\frac{0,457}{63} = 0,007$
3,098	4,798	1,7589	$\frac{0,65}{83} = 0,007$
3,05	4,651	1,694	$\frac{0,71}{94} = 0,007$
3,033	4,60	1,649	$\frac{0,79}{116} = 0,007$
3,056	4,669	1,859	$\frac{0,723}{59} = 0,012$
3,106	4,823	2,063	$\frac{0,57}{52} = 0,010$
3,003	4,51	1,8416	$\frac{0,71}{74} = 0,009$
2,772	3,842	1,479	$\frac{1,068}{119} = 0,009$
2,218	2,46	2,232	$\frac{0,67}{70} = 0,009$
2,956	4,37	1,513	$\frac{0,280}{20} = 0,014$
2,99	4,467	2,104	$\frac{0,853}{120} = 0,007$
2,73	3,726	1,508	$\frac{1,194}{160} = 0,007$

Liquides.	Points d'ébullition.	Constantes capillaires		Tensions superf.	
		à basse température			
		α_0^2	ou α_{15}^2 .	f_0	ou
Chloroforme	63,5 ⁰	3,80	»	2,812	.
Formène perchloré...	78	»	»	»	(<i>t?</i>) 2
Éthylène perchloré...	123		»	»	(<i>t?</i>) 2
Chlorure d'éthylène..	84,92	»	5,21 (²)	»	3
Protochlor. de soufre.	139	»	»	»	(<i>t?</i>) 4
Bichlorure de soufre..	64	»	»	»	
Chlorure d'arsenic...	133	»	»	»	
Bichlorure d'étain ...	115	»	»	»	(<i>t?</i>) 2
Sulfure de carbone ..	47,5	»	»	»	} (<i>t?</i>) 3 3
Anhydride sulfureux.	—8	»	»	»	
Acide sulfurique monohydraté	325	»	6,850 (³)	»	6
Glycérine	280	»	10,765 (²)	»	6
Acide hypoazotique..	22	»	»	»	(<i>t?</i>) 2
Acide azotique monohydraté	86	»	»	»	$f_{18} = 4,$
Eau oxygénée	»	»	»	»)
Perchlor. d'antimoine	»	»	»	»)
Mercure	360	{ $\alpha_0^2 = 6,864$ (⁴) $\alpha_0^2 = 7,8961$ (²)	» »		$f_{-40} = 55,0$
				$f = 58,7$	

(1) Dupré.

(2) Quincke.

(3) Frankenheim.

(4) Desains.

récapitulatif (Suite).

Épaisseurs mesurées.	Constantes capillaires	Tensions superficielles	Coefficients de décroissement
	au voisinage du point d'ébullition		moyen
	a_{τ}^2 .	f_{τ} .	$\frac{f_{\tau} - f_t}{\tau - t}$.
mm			
2,63	3,469	2,440	$\frac{0,412}{63} = 0,006$
2,578	3,323	2,452	»
2,536	3,215	2,31	»
2,866	4,107	2,370	»
2,72	3,699	2,785	»
2,75	3,781	»	»
2,442	2,981	2,852	»
2,033	2,066	2,029	»
3,06	4,697	2,866	»
2,667	3,457	2,831	»
3,40	5,780	4,381	$\frac{1,752}{305} = 0,005$
4,22	8,916	5,282	$\frac{1,519}{265} = 0,005$
2,615	3,419	2,401	»
3,492	6,097	4,233 (nombre douteux)	»
5,40, 5,50, etc.	»	»	»
2,01	2	»	»
3,268	5,339	34?	»

tout à la fin de notre travail, la plupart de celles qui ont précédé ayant été surtout des essais pour reconnaître les meilleures conditions d'expérimentation. De 9^h du soir à minuit, on fit six expériences :

Expérience.	Pistolet à	Le diapason chronométrique marquant		
		^{gr}	^{vd}	^s
1	3	505,15 en 10, soit 50,515 en 1 ^s		
2	2	»		
3	1	303,01	6	50,502
4	1	302,96	6	50,493
5	2	202,01	4	50,503
6	3	252,51	5	50,502
Moyenne.....				50,503

1^{vd} du diapason vaut donc 0^s,0198.

Le Tableau suivant renferme les résultats de ces six expériences.

Partie de la tête E, l'onde arrive à la tête W (parcours E₀ W₁), s'y réfléchit, revient en E (parcours total E₀ E₁), repart vers W, et ainsi de suite.

Temps écoulés depuis le départ jusqu'à l'arrivée du front de l'onde.

N° de l'ex- périence.	Charge de poudre.	Parcours $E_0 W_1$.	Parcours $E_0 E_1$.	Parcours $E_0 W_2$.	Parcours $E_0 E_2$.	Parcours $E_0 W_3$.
1.....	3 ^{gr}	$37^s 12^v, 7$ <u>12^v, 6</u>	$2 L = 25374^m, 75$	$3 L = 38062^m, 10$	$4 L = 50749^m, 50$	$5 L = 63436^m, 90$
6.....			$74^s 29^v, 5$ <u>29^v, 5</u>	$111^s 48^v, 8$ <u>49^v, 0</u>	$149^s 19^v, 1$ <u>20^v, 0</u>	" <u>186^s 41^v, 9</u>
2.....	2 ^{gr}	$37^s 13^v, 6$ <u>12^v, 9</u>	$74^s 29^v, 5 = 74^s, 584$	$111^s 48^v, 9 = 111^s, 968$	$149^s 19^v, 55 = 149^s, 387$	$186^s 41^v, 9 = 186^s, 830$
3.....			$74^s 31^v, 3$ <u>30^v, 3</u>	"		
3.....			$74^s 30^v, 8 = 74^s, 610$	$111^s 50^v, 1 = 111^s, 992$		
4.....	1 ^{gr}	$37^s 14^v, 1$ "	$74^s 32^v, 2$ <u>31^v, 3</u>	$112^s 2^v, 3$ <u>1^v, 4</u>		
		$37^s 14^v, 1 = 37^s, 279$	$74^s 31^v, 75 = 74^s, 629$	$112^s 1^v, 85 = 112^s, 037$		

On en déduit pour les durées successives du même parcours $L = 12687^m, 373$.

Temps employés par le front de l'onde à parcourir successivement la même longueur L.

Charge de poudre.	1 ^{er} parcours $E_0 W_1$.	2 ^e parcours $W_1 E_1$.	3 ^e parcours $E_1 W_2$.	4 ^e parcours $W_2 E_2$.	5 ^e parcours $E_2 W_3$.
3 ^{gr}	$37^s 12^v, 7$ <u>12^v, 6</u>	$37^s 16^v, 8$ <u>16^v, 9</u>	$37^s 19^v, 3$ <u>19^v, 5</u>	$37^s 20^v, 8$ <u>21^v, 5</u>	" <u>37^s 21^v, 9</u>
	$37^s 12^v, 65 = 37^s, 250$	$37^s 16^v, 85 = 37^s, 334$	$37^s 19^v, 4 = 37^s, 384$	$37^s 21^v, 15 = 37^s, 419$	$37^s 21^v, 9 = 37^s, 434$
2 ^{gr}	$37^s 13^v, 6$ <u>12^v, 9</u>	$37^s 17^v, 7$ <u>17^v, 4</u>	" <u>37^s 19^v, 8</u>		
	$37^s 13^v, 25 = 37^s 262$	$37^s 17^v, 55 = 37^s, 348$	$37^s 19^v, 8 = 37^s, 392$		
1 ^{gr}	$37^s 14^v, 1$ "	$37^s 18^v, 1$ <u>17^v, 2</u>	$37^s 20^v, 6$ <u>20^v, 6</u>		
	$37^s 14^v, 1 = 37^s, 279$	$37^s 17^v, 65 = 37^s, 350$	$37^s 20^v, 6 = 37^s, 408$		

A et B étant deux constantes. En effet, en prenant $A = 37^s,460$ et $B = 0^s,069$, on a ⁽¹⁾

Charge du pistolet.	Durées calculées.				
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
gr	s	s	s	s	
3.....	37,244	37,335	37,388	37,418	37,436
2.....	262	346	394	»	»
1.....	280	356	400	»	»

et ces nombres concordent bien avec les résultats de l'expérience.

Charge du pistolet.	Durées observées.				
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
gr	s	s	s	s	s
3.....	37,250	37,334	37,384	37,419	37,434
2.....	262	348	392	»	»
1.....	279	350	408	»	»

moyenne pendant le parcours L est

$$\bar{h} = \frac{1}{L} \int_0^L h \, dx = \frac{h_0}{mL} (1 - e^{-mL}) = \frac{h_0}{1,0986} \left(1 - \frac{1}{3}\right) = 0,6068 \, h_0.$$

⁽¹⁾ Pour calculer la première ligne de ce Tableau, nous avons donné à $B\sqrt{h}$, les valeurs successives $0^s,216, \frac{0^s,216}{\sqrt{3}} = 0^s,125, \frac{0^s,216}{3} = 0^s,07, \dots$; d'où, les pressions moyennes pendant les différents parcours étant respectivement $9^{mm},8, 3^{mm},3, 1^{mm},1, \dots, B = 0,069$. Comme nous avons dû prendre $B\sqrt{h}$, égal à 198 dans la deuxième ligne et à 180 dans la troisième, il en résulte pour les pressions correspondant aux charges 2^{gr} et 1^{gr} de poudre les nombres inscrits dans le Tableau suivant au-dessous des pressions observées à la charge de 3^{gr}.

Charge du pistolet.	Pressions aux points 0, L, 2L, 3L.... en millimètres d'eau.					
	h_0	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5
gr						
3.....	16,2	5,4	1,8	0,6	0,2	0,07
2.....	13,6	4,5	1,5	0,5	»	»
1.....	11,2	3,7	1,2	0,4	»	»

Charge du pistolet.	Pressions moyennes sur le premier, le deuxième, ..., parcours en millimètres d'eau.				
	\bar{h}_1	\bar{h}_2	\bar{h}_3	\bar{h}_4	\bar{h}_5
gr					
3.....	9,8	3,3	1,1	0,4	0,1
2.....	8,2	2,7	0,9	»	»
1.....	6,8	2,3	0,8	»	»

3 OCTOBRE, TUYAU FERMÉ AUX DEUX BOUTS.

*Temps employé par l'onde du pistolet (charge de poudre 3^{er})
pour effectuer les trajets $\frac{L}{2}$ et $2L$.*

	$E_0 C_1.$	$E_0 E_1.$
	$18^s.29^v,9$	$74^s.29^v,5$
	$29,9$	$29,5$
Moyennes...	$18.29,9$	$74.29,5$

La température était en effet légèrement plus élevée le 4.
Si nous ramenons les expériences du 4 aux conditions météorologiques du 3, nous avons :

4 OCTOBRE, TUYAU OUVERT EN W.

*Temps employé par l'onde du pistolet, pour effectuer,
dans le même air que le 3, les trajets $\frac{L}{2}$ et $2L$.*

$E_0 C_1.$	$E_0 E_1.$
$18^s.29^v,9$	$74^s.29^v,25$

Il y a donc, le 4, sur la durée du trajet $E_0 E_1$ une avance de $0^v,25 = 0^s,005$.

La réflexion contre un obstacle (avec changement de signe de la vitesse) cause donc un retard conformément aux idées théoriques (¹).

NOTE C. — SUR UN APPAREIL PROPRE A MONTRER LES DEUX MODES DE RÉFLEXION D'UN MOUVEMENT VIBRATOIRE (²).

Au cours de nos expériences, nous avons été frappés de la netteté avec laquelle une membrane accuse les deux modes

(¹) La perte d'une demi-longueur de l'onde primitive correspondrait à un retard de $0^s,006$; mais l'accord des deux nombres est accidentel : nous ne pouvions pas *mesurer* un retard si faible sur un parcours aussi long.

(²) VIOLLE, *Comptes rendus*, t. CIII, p. 1255; 1887.

J'observe l'élévation de température dans le calorimètre et l'abaissement dans la fiole, en notant de minute en minute la marche du thermomètre, afin de pouvoir procéder aux corrections.

Voici quelques exemples d'observations :

Temps. — Minutes.	Pipéridine.		Pyridine.		Nicotine.	
	Température.		Température.		Température.	
	Calorimètre.	Fiole.	Calorimètre.	Fiole.	Calorimètre.	Fiole.
— 6...	10,23	»	12,92	»	11,74	»
— 5...	235	»	»	»	»	»
— 4...	24	»	12,92	»	11,76	»
— 3...	245	»	»	»	»	»
— 2...	25	»	12,92	»	11,78	»
— 1...	255	»	92	»	79	»
0...	Immersion.	30°,70	Immersion.	34°,65	Immersion.	33°,00
+ 1...	10,84	»	13,60	»	12,60	»
+ 2...	11,20	»	96	»	80	»
+ 3...	42	»	11,04	»	84	»
+ 4...	49	»	06	»	84,5	»
+ 5...	49	11,80	07	14,15	84,5	13,50
+ 6...	48,5	»	06	»	84,5	»
+ 7...	48	»	06	»	84,5	»
+ 8...	48	»	055	»	84,5	»
+ 9...	47,5	»	05	»	84,5	»
+ 10...	47,25	»	05	»	84,5	»
+ 11...	47	»	045	»	»	»
Chal. spécif. 0,540.			Chal. spécif. 0,412.		Chal. spécif. 0,423.	

J'ai pris la moyenne de deux déterminations analogues pour chacune des bases, sans chercher à obtenir une précision très grande, d'ailleurs inutile pour le but que je me proposais, et j'ai trouvé ainsi

Pour la chaleur spécifique de la pipéridine.....	^{gr} 0,533
» » » pyridine.....	0,418
» » » nicotine.....	0,420

Temps.	Pipéridine.		Pyridine.		Nicotine.	
	Base = 100°. Ac. HCl = 50°.		Base = 100°. Ac. HCl = 50°.		Ac. HCl = 100°. Base = 50°.	
-4.....	13,69	°	13,56	°	14,26	14,39
-3.....	69	13,58	»	»	»	39
-2.....	69	58	13,56	42	14,26	39
-1.....	69	58	56	42	26	39
0.....	Mélange	»	»	»	»	»
+1.....	17,85	»	15,20	»	16,24	»
+2.....	83,5	»	15,20	»	24	»
+3.....	80	»	»	»	22	»
+4.....	76,5	»	»	»	21	»
+5.....	73	»	15,195	»	20,25	»
+6.....	71	»	»	»	19,5	»
	Correction + 0°, 055.		Correction 0.		Correction + 0, 02.	

TABLEAU DES VALEURS THERMIQUES DE DIVERSES BASES ORGANIQUES LIQUIDES.

Bases de premier ordre ou bases fortes.

Bases liquides.	Chaleur moléculaire.		Chaleur moléculaire totale (Base liq.+ excès d'eau) + (Base diss.+ HCl diss.).
	Dissolution dans l'eau en grand excès.	Neutralisation par HCl.	
Méthylamine	»	»	»
Diméthylamine	»	»	»
Triméthylamine	8,75	9,00	17,75
Éthylamine	6,30	13,40	19,70
Diéthylamine	8,20	12,30	20,50
Triéthylamine	10,00	9,60	19,60
Propylamine	6,15	13,85	20,00
Dipropylamine	7,55	13,45	20,90
Isobutylamine	6,00	13,95	19,95
Diisobutylamine	7,05	13,15	20,20
Amylamine	5,00	14,50	19,50
Pipéridine	6,35	13,02	19,40
Allylamine	4,70	13,50	18,20
Benzylamine	2,55	12,85	15,40
Nicotine	6,55	11,50 = { 8,05 } (2 HCl)	18,05; excès d'HCl(4 HCl) = 18,60
		3,45 }	

Bases faibles.

Pyridine.....	2,20	3,20	7,40; 7,55; avec excès d'HCl.
Aniline.....	—0,10	7,50	7,40; 8,30; »
Méthylaniline	»	»	6,90; 8,20; »
Diméthylaniline.....	»	»	6,80; 7,80; »
Quinoléine.....	»	»	6,80 »
Paraphénylène-diamine (solide)..	— »	14,70 = { 8,80 } (2 HCl)	10,90
		5,90 }	
Orthophénylène-diamine (solide).	—3,80	10,10 = { 7,00 } (2 HCl)	»
		3,10 }	
Méthylphénylène-diamine (solide).	2,00	7,00 } (2 HCl)	8,50

		Sulfate de baryte.	Soufre cor- respondant.
	<i>Blé.</i>		
		gr	gr
Produits liquides	1 ^{re} expérience	0,119	0,017
	2 ^e expérience	0,126	0,018
	3 ^e expérience avec inci- nération partielle.....	0,193	0,028

Blé noir.

Produits liquides	0,079	0,011
Produits volatils.....	0,171	0,025

Blé coupé en fleurs.

Produits liquides.....	0,015	0,002
Produits volatils.....	0,119	0,017

Topinambours.

Produits liquides	0,031	0,043
Produits volatils	0,039	0,056

Ajonc.

Produits liquides.....	0,031	0,043
Produits volatils.....	0,050	0,070

Paille de sarrasin.

Produits liquides	0,107	0,015
-------------------------	-------	-------

Dans la recherche du phosphore après addition du molybdate d'ammoniaque aux liqueurs acides, on a constaté les résultats suivants :

Grains de blé.

1 ^{re} expérience	produits liquides.	Trace de précipité.
	produits volatils.	»
2 ^e expérience.....		»

Blé en fleurs.

Produits liquides.....	Pas de précipité.
Produits volatils.....	Trace de précipité.

Voici maintenant les résultats obtenus avec le concours de l'électricité.

Expériences faites dans des assiettes, avec le concours de l'électricité; air libre.

N° 108. *Même terre N.* — Assiette, air libre, sous abri.

On opère avec électrisation : le potentiel aux limites du champ électrique a été de 33 volts pendant toute la durée de l'expérience. Pôle + à la terre.

Durée : du 5 juin au 9 août 1889 (deux mois). 148^{gr} de terre supposée sèche et 15^{gr} d'eau initiale; on arrose fréquemment.

Azote organique initial	^{gr} 0,180
Azote nitrique initial	0,0015
Azote ammoniacal de l'eau d'arrosage.	0,0007
Somme.....	<u>0^{gr},182</u>
 Azote organique final.....	^{gr} 0,176
Azote nitrique final.....	0,004
Somme.....	<u>0^{gr},180</u>

Gain ou perte sensiblement nul; précisément comme dans les expériences précédentes et sans doute pour les mêmes causes, malgré le concours de l'électricité: l'oxydation excessive et la dessiccation sans cesse reproduite de la terre ayant contrarié la vie des microbes fixateurs d'azote.

Expériences faites dans des assiettes placées sous cloche, avec le concours de l'électricité.

Ces expériences ont, au contraire, donné des résultats positifs. Ils sont d'autant plus concluants qu'ils ont été exécutés sur des assiettes, condition peu favorable d'après

Le 23 juillet, on a mis fin à l'expérience, et l'on a partagé la terre restante du pot en deux portions : une couche supérieure, qui en formait environ le quart, et une couche inférieure qui formait le reste.

On a trouvé :

Couche supérieure.

Azote organique par kilogramme, premier essai.	^{gr} 1,7092
» » second essai ..	1,6972
Moyenne.....	<u>1^{gr},7032</u>

Couche inférieure.

Azote organique par kilogramme, premier essai.	^{gr} 1,7264
» » second essai ..	1,7472
Moyenne.....	<u>1^{gr},7368</u>

On remarquera que la richesse en azote de la surface est moindre que celle des tranches profondes : c'est là un résultat que j'ai déjà constaté à plusieurs reprises et qui est peu favorable à l'hypothèse d'un enrichissement possible de la terre par l'ammoniaque atmosphérique.

A la fin, cette terre renfermait, dans sa totalité :

Azote nitrique final : 0^{gr},031;

Au lieu de : azote nitrique initial : 0^{gr},016;
c'est-à-dire qu'elle ne s'était nitrifiée que dans une faible proportion.

En rapportant les résultats aux poids respectifs des deux couches, on trouve, pour la composition moyenne de la terre du pot, à la fin de l'expérience, par kilogramme :

Azote organique 1^{gr},7284

Si l'on y joignait l'azote nitrique, on aurait 1^{gr},744.

La terre initiale renfermait, par kilogramme :

Azote organique 1^{gr},702

Terre, pour 1^{kg} sec :

Azote, premier essai.....	^{gr} 1,8241
» second essai.....	1,8089
Moyenne.....	<u>1^{gr},8165</u>

Ce qui fait pour la terre totale (9^{gr} de cendres des plantes déduits) :

Azote final..... 5^{gr},636

On a trouvé aussi :

Azote nitrique final..... 0^{gr},0294

ce qui représente une variation insignifiante.

La terre, envisagée isolément, avait gagné 0^{gr},340 ; soit 6,4 centièmes.

D'autre part, on a trouvé :

	Humide.	Sèche.	Azote.
Plante extérieure (cendres : 8,6 centièmes).....	^{gr} 12,7	^{gr} 2,35	^{gr} 0,086
Racines et débris souterrains (cendres : 78,3 centièmes).....	25,65	11,55	<u>0,106</u>
	Somme.....		0 ^{gr} ,192

La plante a donc gagné en azote seulement : 0^{gr},027.

Sa matière organique est restée à peu près stationnaire (de 4^{gr},4 à 4^{gr},5).

Il y a en outre à mettre en compte 390^{cc} d'eau de condensation, recueillis dans le cours de l'expérience et renfermant :

Azote combiné..... 0^{gr},0007

Le système total, ayant reçu :

Azote..... 5^{gr},446

en contenait à la fin..... 5^{gr},829.

Gain, 0^{gr},383 ; soit 7,0 centièmes.

Ce gain a porté presque entièrement sur la terre.

N° 79. *Terre S.* — Sous cloche. Électrisé, 33 volts.
Pôle à la terre.

On ensemece avec Vesce.

Vase aéré, pourvu d'acide carbonique, arrosé comme le précédent.

Du 18 mai au 13 juin. Au début : 3112^{gr} de terre sèche et 311^{gr} eau.

Azote organique initial	5 ^{gr} ,296
Azote des graines	0,165
	<hr/> 5 ^{gr} ,461
Eau d'arrosage. Azote ammoniacal	0 ^{gr} ,0074
	<hr/> 5 ^{gr} ,4617
Azote nitrique initial	0 ^{gr} ,0236

Le 13 juin, plantes en bon état, hautes de 40^{cm} à 45^{cm}.
Quelques tubercules spécifiques sur les racines.

Terre, pour 1^{kg} sec :

Azote, premier essai.....	1 ^{gr} ,7778
» second essai.....	1,7931
Moyenne.....	<hr/> 1 ^{gr} ,787

Ce qui fait pour la terre totale (33^{gr} de cendres déduits) :

Azote organique	5 ^{gr} ,500
-----------------------	----------------------

On a trouvé encore :

Azote nitrique final.....	0 ^{gr} ,0329
---------------------------	-----------------------

ce qui représente une variation faible de cette forme de l'azote.

La terre, envisagée isolément, avait gagné 0^{gr},204 ;
Ou 3,9 centièmes.

Ce gain a porté presque entièrement sur la terre.

N° 79. *Terre S.* — Sous cloche. Électrisé, 33 volts.

Pôle à la terre.

On ensemece avec Vesce.

Vase aéré, pourvu d'acide carbonique, arrosé comme le précédent.

Du 18 mai au 13 juin. Au début : 3112^{gr} de terre sèche et 311^{gr} eau.

Azote organique initial	5 ^{gr} ,296
Azote des graines	0,165
	<hr/> 5 ^{gr} ,461
Eau d'arrosage. Azote ammoniacal	0 ^{gr} ,0074
	<hr/> 5 ^{gr} ,4617
Azote nitrique initial	0 ^{gr} ,0236

Le 13 juin, plantes en bon état, hautes de 40^{cm} à 45^{cm}.
Quelques tubercules spécifiques sur les racines.

Terre, pour 1^{kg} sec :

Azote, premier essai.....	1 ^{gr} ,7778
» second essai.....	1,7931
Moyenne.....	<hr/> 1 ^{gr} ,787

Ce qui fait pour la terre totale (33^{gr} de cendres déduits) :

Azote organique	5 ^{gr} ,500
-----------------------	----------------------

On a trouvé encore :

Azote nitrique final.....	0 ^{gr} ,0329
---------------------------	-----------------------

ce qui représente une variation faible de cette forme de l'azote.

La terre, envisagée isolément, avait gagné 0^{gr},204 :
Ou 3,9 centièmes.

TABLEAU I. -- *Absorption de l'azote par la terre nue, avec le concours de l'électricité*
(Cf. ce Recueil, 6^e série, t. XVI, p. 490 et 624). — Durée, neuf semaines.

FIXATION DE L'AZOTE. ET ÉLECTRICITÉ.				
	Conditions.			Gain relatif en azote.
Terre N (non saturée d'azote 15 ^r , 218 pour 1 ^{kg} sec) (1).	{ Air libre sous abri transparent. Sous une cloche de 50 ^{lit} .	Non électrisée (107).....		Nul sensiblement.
		Électrisée (33 volts) (108)		Nul sensiblement.
		Non électrisée (111).....		Nul sensiblement.
		Électrisée. Potentiel (33 volts) (109).....		4,4 centièmes.
		« (132 volts) (110)		6,1 centièmes.
Terre S (presque saturée d'azote 15 ^r , 702 pour 1 ^{kg}) (2).	{ Air libre sous abri transparent. Sous une cloche de 50 ^{lit} .	Non électrisée (84).....		2,2 centièmes.
		Électrisée (35 volts) (87).....		3,6 centièmes.
		Non électrisée (78).....	{ Au bout d'un mois....	Nul sensiblement.
		Électrisée (30 volts) (81)	{ Au bout de 9 semaines.	2,8 centièmes.
			{ Au bout d'un mois....	Nul sensiblement.
			{ Au bout de 9 semaines.	4,4 centièmes.

(1) Les expériences faites avec cette terre ont été exécutées dans des assiettes, sur une couche mince : ce qui est une condition défavorable (voir p. 457).

(2) Les expériences faites avec cette terre ont été exécutées dans des pots, sur une profondeur de 18^{cm} environ.

TABLEAU II. — *Absorption de*

(Cf. ce Recueil, 6^e série, t. XVI, p. 626 à

Plantes.		Conditions.	
Terre N (non saturée d'azote 1 ^{er} , 218 pour 1 ^{kg} sec).	Vesce.	Air libre	Non électrisée
		sous abri transparent.	Électrisée (33 v
Terre S (à peu près saturée d'azote 1 ^{er} , 702 pour 1 ^{kg} sec).	Vesce.	Air libre	Non électrisée
		sous abri transparent.	Électrisée (33 v
	Jarosse.	Sous une cloche de 50 ^{lit} .	Non électrisée
			Électrisée (33 v
	Jarosse.	Air libre sous abri transparent.	Non électrisée
			Électrisée (86)
	Jarosse.	Sous une cloche de 50 ^{lit} .	Non électrisée
			Électrisée (80)

oncours de la végétation

bré sur 3^{kg} de terre environ chaque fois.

Gain total d'azote.		Gain de la terre.		Gain de la plante.		Parties	
En poids.	En centièmes.	En poids.	En centièmes.	En poids.	En centièmes.	aérienne. souterraine.	
^{gr} 0,665	15,0	^{gr} 0,135	12,6	^{gr} 0,234	142	{	p. a. 72
							p. s. 70
0,984	22,5	0,946	22,5	0,018	11	{	p. a. 9
							p. s. 2
0,2135	4,0	0,179	3,4	0,0455	18	{	p. a. 10
							p. s. 8
0,338	6,2	0,329	6,2	0,009	5	{	p. a. 3
							p. s. 2
0,383	7,0	0,340	6,4	0,027	19	{	p. a. 9
							p. s. 10
0,273	5,0	0,204	3,9	0,070	41	{	p. a. 22
							p. s. 19
0,236	4,3	0,151	2,9	0,081	55	{	p. a. 30
							p. s. 25
0,331	6,1	0,256	4,8	0,079	54	{	p. a. 37
							p. s. 17
—0,004	nul	—0,026	—0,5	0,025	17	{	p. a. 10
							p. s. 7
0,392	7,2	0,401	7,6	—0,020	—13	{	p. a. —11
							p. s. —2

Ce gain a porté presque entièrement sur la terre.

N° 79. *Terre S.* — Sous cloche. Électrisé, 33 volts.
Pôle à la terre.

On ensemece avec Vesce.

Vase aéré, pourvu d'acide carbonique, arrosé comme le précédent.

Du 18 mai au 13 juin. Au début : 3112^{gr} de terre sèche et 311^{gr} eau.

Azote organique initial	5 ^{gr} ,296
Azote des graines	0,165
	<hr/> 5 ^{gr} ,461
Eau d'arrosage. Azote ammoniacal	0 ^{gr} ,0074
	<hr/> 5 ^{gr} ,4617
Azote nitrique initial	0 ^{gr} ,0236

Le 13 juin, plantes en bon état, hautes de 40^{cm} à 45^{cm}.
Quelques tubercules spécifiques sur les racines.

Terre, pour 1^{kg} sec :

Azote, premier essai.....	1 ^{gr} ,7778
» second essai.....	1,7931
Moyenne.....	<hr/> 1 ^{gr} ,787

Ce qui fait pour la terre totale (33^{gr} de cendres déduits) :

Azote organique	5 ^{gr} ,500
-----------------------	----------------------

On a trouvé encore :

Azote nitrique final.....	0 ^{gr} ,0329
---------------------------	-----------------------

ce qui représente une variation faible de cette forme de l'azote.

La terre, envisagée isolément, avait gagné 0^{gr},204 ;
Ou 3,9 centièmes.

Terre, pour 1^{kg} sec :

Azote organique, premier essai ..	1 ^{gr} ,699
» second essai...	1,699
Moyenne	1 ^{gr} ,699

soit pour la totalité (11^{gr},5 cendres déduits) :

Azote organique	5 ^{gr} ,270
-----------------------	----------------------

On a trouvé aussi :

Azote nitrique final	0 ^{gr} ,0219
----------------------------	-----------------------

variation insignifiante.

La terre, isolément, avait perdu cette fois 0^{gr},026, c'est-à-dire un demi-centième; ce qui est dans la limite des erreurs.

	Humide.	Sèche.	Azote.
Plante extérieure (cendres : 12,5 centièmes)	39,2 ^{gr}	6,5 ^{gr}	0,1552 ^{gr}
Racines et débris (cendres : 79,2 centièmes).....	21,2	13,4	0,1059
Somme.....			0 ^{gr} ,1712

Le gain est 0^{gr},025, c'est-à-dire insignifiant; quoique la matière organique ait plus que doublé (10^{gr},3 au lieu de 4^{gr},4).

L'eau de condensation, soit 1960^{gr}, renferme :

Azote	0 ^{gr} ,0027
-------------	-----------------------

Le système total contenait au début :

Azote organique	5 ^{gr} ,445
-----------------------	----------------------

à la fin :

Azote organique.....	5 ^{gr} ,441
----------------------	----------------------

Le gain est donc nul, ainsi que la perte.

Terre, pour 1^{kg} sec :

Azote organique, premier essai ..	1 ^{gr} ,699
» second essai...	1,699
Moyenne	<u>1^{gr},699</u>

soit pour la totalité (11^{gr},5 cendres déduits) :

Azote organique	5 ^{gr} ,270
-----------------------	----------------------

On a trouvé aussi :

Azote nitrique final	0 ^{gr} ,0219
----------------------------	-----------------------

variation insignifiante.

La terre, isolément, avait perdu cette fois 0^{gr},026, c'est-à-dire un demi-centième; ce qui est dans la limite des erreurs.

	Humide.	Sèche.	Azote.
Plante extérieure (cendres : 12,5 centièmes)	39 ^{gr} ,2	6 ^{gr} ,5	0 ^{gr} ,1552
Racines et débris (cendres : 79,2 centièmes).....	21,2	13,4	0,1059
Somme.....			<u>0^{gr},1712</u>

Le gain est 0^{gr},025, c'est-à-dire insignifiant; quoique la matière organique ait plus que doublé (10^{gr},3 au lieu de 4^{gr},4).

L'eau de condensation, soit 1960^{gr}, renferme :

Azote	0 ^{gr} ,0027
-------------	-----------------------

Le système total contenait au début :

Azote organique	5 ^{gr} ,445
-----------------------	----------------------

à la fin :

Azote organique.....	5 ^{gr} ,441
----------------------	----------------------

Le gain est donc nul, ainsi que la perte.

		Tension en millimètres de mercure.
		mm
Mn Cl + 2,9 HO, sel sec.....		3,5
Mn Cl + 2,1 HO »		3
Mn Cl + 1,9 HO »		1,2

2° A la température de 100° :

Mn Cl + 4 HO, sel solide, environ.....	328	mm
Mn Cl + 2,3 HO »	328	
Mn Cl + 1,8 HO »	96	
Mn Cl + 1,6 HO »	96	

L'émission de la vapeur d'eau se fait avec lenteur.

13. Ces mesures montrent l'existence définie de deux hydrates contenant 4 et 2 équivalents d'eau. Ils présentent les tensions de dissociation suivantes, entre + 20° et 100° :

		Tension de dissociation en millimètres de mercure.	
		Mn Cl, 4 HO.	Mn Cl, 2 HO.
	°	mm	mm
20.....		3,8	»
30.....		18	»
40.....		31	»
50.....		46	»
60.....		78	»
70.....		125	»
80.....		182	»
100.....		»	96

V.

CHLORURE DE NICKEL.

14. Le chlorure de nickel cristallise de sa solution aqueuse en cristaux verts isomorphes, d'après M. Marignac, avec le composé correspondant de cobalt (¹). Il con-

(¹) MARIGNAC, *Recherches sur les formes cristallines de quelques composés chimiques*. Genève; 1855.

VII.

BROMURE DE SODIUM.

20. On a employé le bromure de sodium pur et cristallisé du commerce. L'eau a été dosée par calcination ménagée.

Déshydratation du bromure de sodium cristallisé.

A la température de $+ 20^{\circ}$:

	Tension en millimètres de mercure.
	mm
Na Br + 4,60 HO, cristaux humides, environ.....	9,6
Na Br + 3,96 HO, cristaux effleuris.....	7,65
Na Br + 2,94 HO » 	7,3
Na Br + 2,16 HO » 	6,7
Na Br + 0,76 HO » 	6,7

Ainsi le bromure de sodium cristallisé Na Br, 4 HO produit directement, en s'effleurissant, le sel anhydre, sans engendrer d'hydrate intermédiaire. Il renferme toute son eau en un seul bloc.

Il présente à 20° une tension de dissociation de $7^{\text{mm}}, 65$ environ, soit 0,44 de la tension maximum de l'eau. Pour cette raison, il ne s'effleurit pas à l'air libre, mais s'effleurit avec rapidité sous une cloche renfermant de l'acide sulfurique.

La solution saturée possède à 20° une tension maximum de $9^{\text{mm}}, 75$ environ, soit $\frac{9,75}{17,4} = 0,55$ par rapport à l'eau; d'où la déliquescence modérée du produit.

Température.	Tension en millimètres de mercure.	
	Na Br, 4 HO.	Solution saturée.
0		
10.....	3,9 environ.	5,45
15.....	»	7,4
20.....	7,65	9,75
30.....	15,5	16,3

VIII.

BROMURE DE STRONTIUM.

21. J'ai employé le bromure de strontium pur du commerce. Le dosage de l'eau a été fait par simple calcination.

Voici les tensions maxima que présentent les systèmes constitués par le produit et l'eau :

1° A la température de $+ 20^{\circ}$:

	Tension en millimètres de mercure.
	mm
Sr Br + 9,50 HO, solution saturée.....	9,1
Sr Br + 6,94 HO, entièrement solide.....	9,5
Sr Br + 5,42 HO » 	1,7
Sr Br + 1.50 HO » 	1,8

2° A la température de 100° :

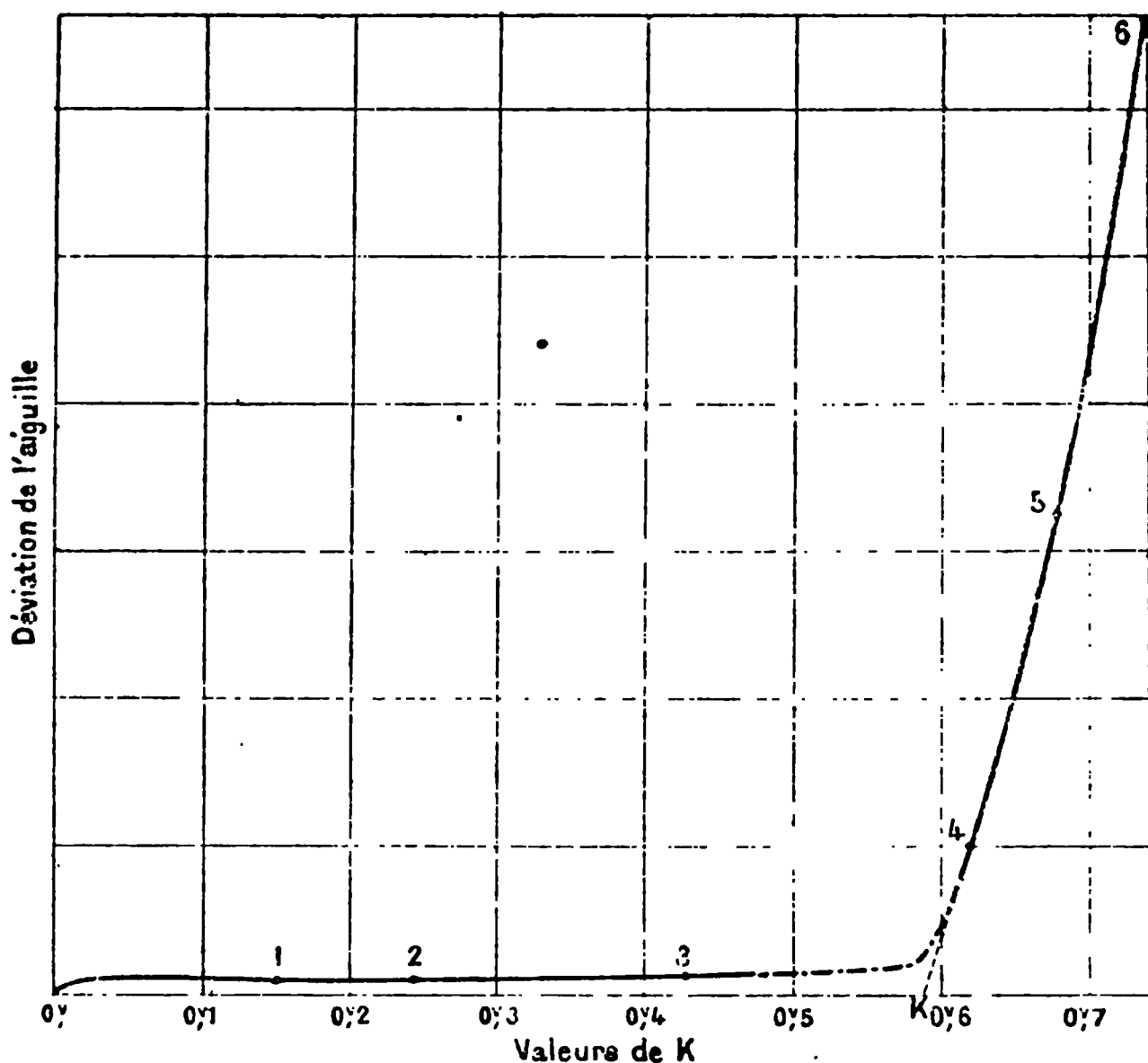
	Tension en millimètres de mercure.
	mm
Sr Br + 6,4 HO, partiellement solide.....	190
Sr Br + 4,5 HO » 	190
Sr Br + 3,8 HO » 	190
Sr Br + 2,9 HO, entièrement solide.....	190
Sr Br + 1,5 HO » 	190
Sr Br + 1,14 HO » 	80 (?)

L'émission de la vapeur ne se fait plus qu'avec lenteur.

On voit que l'hydrate Sr Br, 6 HO, défini à la température

la plus nette la valeur K de k pour laquelle l'électrolyse commençait. Or on trouve exactement $K = P$, ce qui est la démonstration de la loi énoncée ci-dessus.

Fig. 1.



$$E = 1,000; \quad E - K = 0,402; \quad E - P = 0,407,$$

d'où :

$$K = 0,598; \quad P = 0,593.$$

La vérification de la loi a été faite par cette méthode galvanométrique, pour le même acide sulfurique étendu au $\frac{1}{6}$, étudié par la méthode optique, et pour l'acide chlorhydrique étendu ($\frac{1}{6}$ en volume d'acide à 21° Baumé); dans ce dernier cas, la valeur de P (0,59) est très différente de celle qui correspond à l'acide sulfurique (0,95).

On ne saurait guère douter que cette loi, qui se vérifie avec tant d'exactitude pour les acides, est aussi vraie dans

modification, la somme algébrique des sauts de potentiel dans le circuit est devenue $e + M | \text{Hg}$, et, comme il y a encore équilibre électrique, on a

$$(2) \quad e + M | \text{Hg} + E - K = 0;$$

on tire de (1) et (2)

$$(3) \quad M | \text{Hg} = (E - P) - (E - K) = K - P.$$

Dans le cas où l'électrolyte L est le sulfate de zinc, j'ai trouvé $P = 0^{\text{v}}, 76$, $K = 1^{\text{v}}, 27$, d'où $K - P = 0^{\text{v}}, 51$. Or, il y a trois ans j'avais trouvé, par une tout autre méthode⁽¹⁾, ce nombre $0^{\text{v}}, 49$ pour la différence de potentiel vraie entre le zinc et le mercure au contact, avec une erreur possible de $\pm 0^{\text{v}}, 05$. On voit ainsi que les conclusions du raisonnement précédent sont justifiées par l'expérience, ce qui est une vérification indirecte de l'exactitude de la loi étendue aux sels.

Dans le cas où l'électrolyte est l'hydrate de potasse, on trouve $P = 0^{\text{v}}, 29$, $K = 1^{\text{v}}, 76$, d'où $K - P = 1^{\text{v}}, 47$. Ce nombre représente la différence de potentiel vraie entre le potassium et le mercure au contact ⁽²⁾.

(¹) *Journal de Physique, loc. cit.*, ou *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 18 avril 1887.

(²) Si, au lieu d'électrolyser l'hydrate de potasse, on électrolyse un sel de potassium, on trouve pour $K - P$ des nombres un peu différents ($1^{\text{v}}, 39$ avec le chlorure; $1^{\text{v}}, 41$ avec le sulfate). Mais remarquons que l'amalgame de potassium qui se forme est attaqué par l'eau et qu'il se produit dans le tube capillaire une couche permanente d'hydrate de potasse entre l'électrode et la dissolution du sel. Il résulte de là que $K - P$ représente, dans ce cas, la différence de potentiel entre le potassium et le mercure ($1^{\text{v}}, 47$) diminuée de la différence de potentiel entre l'hydrate de potasse et le sel de potassium employé. Ce qui prouve la justesse de cette interprétation, c'est que, si l'on interpose à l'avance de l'hydrate de potasse entre le sel et l'électrode de mercure, on trouve que la force électromotrice du compensateur $E - K$ à partir de laquelle le courant passe d'une façon permanente est exactement la même que quand la dissolution du sel est mise directement au contact de l'électrode.

On voit par là que, dans l'application de cette méthode à la recherche

IV.

LOI DE M. LIPPMANN.

Considérons un voltamètre dont la cathode est formée du métal même qui se trouve à l'état de sel dans l'électrolyte. D'après la loi exposée dans la deuxième Partie de ce Mémoire, la couche électrique double entre le liquide et la cathode est nulle; par conséquent, d'après la loi exposée dans la troisième Partie, un flux d'électricité tendant à sortir par cette électrode doit produire l'électrolyse sans donner lieu à une polarisation préalable de la cathode, puisque celle-ci est normalement dans l'état à partir duquel l'électrolyse commence. Il résulte de là qu'*un métal ne peut pas se polariser dans un de ses sels*. C'est la loi trouvée expérimentalement par M. Lippmann, et son exactitude peut être considérée comme une vérification de la justesse des deux lois dont elle est la conséquence.

de la différence de potentiel des métaux au contact, il faudra employer une dissolution d'hydrate de l'oxyde du métal, toutes les fois que cet hydrate existe et est soluble dans l'eau, et non un sel quelconque.

.....

